高蛋白水稻之育種研究

1. 稉稻早晚熟品系間雜交後代之米粒蛋白質含量及其他農藝性狀之變異[1]

郭益全　謝順景　宋素英[2]

摘要：利用早晚熟性之 isogenic 系統的水稻爲材料，藉各性狀頻度分布之圖形來描述雜種集團之米粒蛋白質含量及其他農藝性狀之遺傳變異。結果獲知早熟系統爲相對短稈、穗短而輕之品系，並觀察到米粒蛋白質含量、株高、穗長及穗重等四性狀與抽穗期之早晚有某種關係存在，而早熟基因團則不影響原遺傳因子型之分蘗能力。文中並曾就各性狀之頻度分布圖形來初步描述各該性狀之族羣特徵。

緒　言

水稻爲世界上最重要的穀類作物之一，而爲臺灣之首要糧食作物。近年來，由於決策領導單位之大力推動暨水稻育種學者之奮力不懈，臺灣稻米年年均卜豐收。但，臺灣稻作年有二期，占了本省土地之主要作物栽培適期。而臺灣山多地狹，耕地面積有限，故裡作雜糧之栽培爲提高本省土地之利用率以增加複種指數之最簡要方法。因應此裡作栽培制度，則豐產之早熟稻品種亟待育成。爲達此目標，國立中興大學蔡國海博士曾以回交法育成各種以臺中65號爲遺傳背景之早熟 isogenic 系統。此等早熟系統概較其輪迴親本臺中65號約早熟10天左右，但產量一般則較差（蔡，1961，1965）。

據學者之研究，抽穗期早者有蛋白質含量較高之傾向（Kido and Yanatori, 1965；Webb et al., 1968；Tanaka and Takagi, 1970；Tanaka, 1971, 1973；Harn et al., 1973；Hillerislambers et al., 1973）。故似可以藉早熟稻品種米粒蛋白質含量之提高以增加其米粒營養價值的方式來彌補產量略低之缺點。惟有關早熟品種之米粒蛋質含量的遺傳行爲則未見有研究報告。爲探討豐產早熟且高蛋白稻育成之可行性，乃利用各種早熟 isogenic 系統間之雜交 F_2 爲材料，進行米粒蛋白質含量及其他與產量有關諸性狀之遺傳變異的檢討。

材料及方法

本研究之供試水稻材料係國立中興大學蔡國海博士以水稻臺中65號爲輪迴親本，藉連繫回交法所育成之早熟稻品系的 5 個雜交集團爲材料，而其親本之特性則示於表 1 。

試驗在臺中市國立中興大學農藝學系之試驗農場進行。親本暨F_2之種子於1975年 2 月 7 日播種，3 月10日插秧。單本植。調查項目計有株高、穗數、穗長、穗重、結實率及 1,000粒重等性狀。米粒蛋白質含量之分析定量則應用 Udy 式之 DBC (Dye-Binding Capacity) 法，並依反應時溶液之溫度作適當之讀數矯正，而米粒蛋白質含量則以樣品含水量爲零時來表示。

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 835 號。本研究爲第二作者任國立中興大學糧食作物研究所教授時蒙國科會輔助「臺灣主要糧食作物蛋白質改良之研究」（NSC—64B—049—04—06）之一部分 。 本試驗之水稻材料全係國立中興大學蔡國海博士所贈。謹誌謝忱。
2. 臺灣省農業試驗所技佐、農藝系主任、研究助理。

Table 1. Experimental materials used

Strains or varieties	Cross parents	Source	Growth duration (days)	Genes for heading date	Note
4-58-3	T65×$A4_7$	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	117	m^a	A36−10 : T65×T_{tg}. $A4_1$: T65×T36−10
40-20-5-6	T65×A24	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	118	m^b	$A3_7$: T65× (T65×T_{tg}) BC_7. $A4_7$: $A3_7$× ($A3_7$×$A4_1$) BC_6.
BB-11-5-8-6	$B96_{71}$×$B96_{151}$	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	107	$E^{b(1)}-E^{b(2)}$	$B96_{71}$: T65× (T65×Bozu) BC_7 $B96_{151}$: T65× (T65×Bozu) BC_{15}
BI-1-4-11	$B96_{71}$×$I199_{51}$ (F_4)	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	109	$E^{b(1)}-E^{ix(1)}$	I190 : X-ray induced early line of T65 $I190_{51}$: T65× (T65×190) BC_5
BI-14-4-2-6	$B96_{71}$×$I199_{51}$ (F_5)	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	107	$E^{b(1)}-E^{ix(1)}$	

結 果 與 討 論

茲將調查分析諸F_2集團各性狀之數據按組合別暨適當組距繪製各F_2集團諸性狀之柱狀頻度分布圖（圖1—7），並根據費氏（R. A. Fisher）之理論估算各性狀頻度分布圖形之歪度（Skewness）與峰度（Kurtosis）估值，同時給予適當之顯著性測驗，以初步描述各該集團各該性狀之若干特徵。今將結果按性狀之不同分別討論之：

一、雜交集團米粒蛋白質含量之變異

茲將各 F_2 集團及其諸親本之米粒蛋白質含量變異示於圖1。由圖1中標出之早晚熟性稻品系之米粒蛋白質含量的平均值知，早熟品系 BB-11-5-8-6, BI-1-4-11 及 BI-14-4-2-6 等三品系之米粒蛋白質含量平均為9.6%，較晚熟4—58—3品系之8.4%及40—20—5—6品系之 7.8%為高。其平均值之差異顯著性測驗值亦達極顯著之水準，此證實早熟品系為相對高蛋白品系。而此結果則與前人指出之抽穗期早者有米粒蛋白質含量較高之傾向的結果相同一致（Kido and Yanatori, 1965；Webb et al., 1968；Tanaka, 1971；etc）。

各F_2集團內個體之變異則概介於兩親本之間，而無正負兩方向超越雙親之個體出現，亦即由早晚熟性稻間之雜交似無超越分離之現象出現。同時，諸F_2集團之低蛋白質個體概集中分布於低親本（即晚熟親本）附近，此似表示控制米粒蛋白質含量之遺傳基因含量低者對高者似為顯性，而此推論恰與 Hillenslambers et al. （1973）之見解相符。

就米粒蛋白質含量之變異係數而言，各親本頗為相近，表示諸親本之各觀測值的變異大體一致。而各組合之變異係數皆較各該兩親者為大，表示F_2之變異除部分可能受環境之影響外，大部分應屬遺傳基因之分離與重組的變異所致，且各F_2組合之變異係數亦大數一致，表示各組合間個體之遺傳及環境變異頗為相似。

另， Tanaka （1973） 曾由水稻之誘變研究中推論出，抽穗期與米粒蛋白質含量可能為因子多效性之效果，而本研究由諸F_2組合個體之米粒蛋白質含量皆概集中於晚熟親本附近之事實，雖或可推定米粒蛋白質含量之高低與抽穗期之早晚可能具有某種關係，但在未作進一步估計之前，則未敢遽下推論。

其次，綜覽圖1各 F_2 集團米粒蛋白質含量之頻度分布而知諸 F_2 集團本性狀之頻度分布均呈連續分布，而再進一步參照表2米粒蛋白質含量頻度分布圖形之峰度與歪度之顯著性測驗值時，獲知諸F_2

集團米粒蛋白質含量之頻度分布圖形係屬常態或近似常態之連續分布。

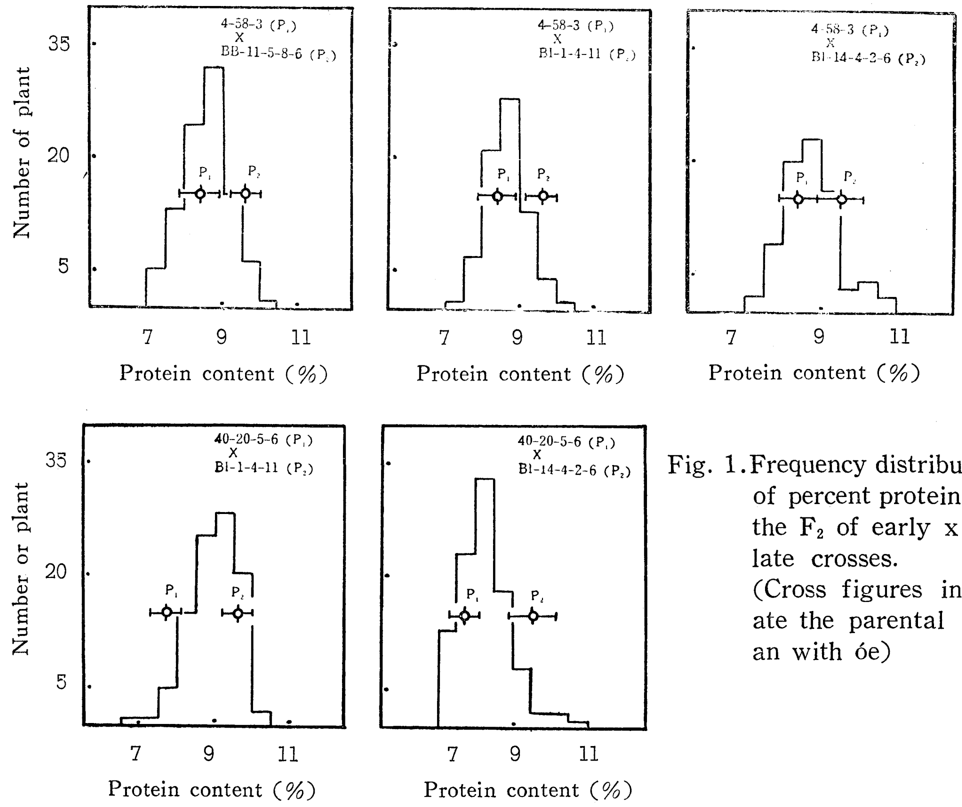


Fig. 1. Frequency distribution of percent protein in the F_2 of early x late crosses. (Cross figures indicate the parental mean with όe)

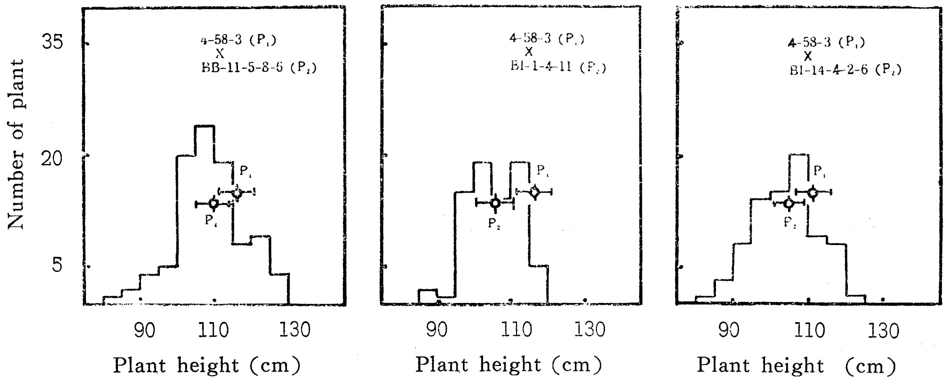
Table 2. Skewness (g_1) and kurtosis (g_2) of protein content and other characters estimated from F_2 population of early × late crosses.

Crosses	Statistics	Protein %	Plant height	Panicle number	Panicle length	Panicle weight	% Seed setting	1,000 Kernel weight
4-58-3 x BB-11-5-8-6	g_1	0.02	0.13	− 0.07	0.63	0.68	− 0.55	− 0.86
	g_2	0.17	0.22	− 0.15	0.14	0.64	1.98	0.37
	g^1/SEg_1	0.08	0.54	− 0.29	2.63**	2.83**	− 2.29**	3.58**
	$g_2 9SEg_2$	0.34	0.44	− 0.30	0.28	1.24	3.96**	0.75
4-58-3 x BI-1-4-11	g_1	0.21	0.04	0.94	0.35	0.65	0.58	0.82
	g_2	1.02	−0.52	2.73	0.71	0.76	0.66	0.49
	g_1/SEg_1	0.75	0.14	3.39**	1.25	2.32**	2.07**	2.93**
	g_2/SEg_2	1.85	−0.94	4.98**	1.29	1.38	1.20	0.89
4-58-3 x BI-14-4-2-6	g_1	0.63	−0.14	0.45	− 0.09	0.17	− 0.74	−0.20
	g_2	0.56	−0.44	− 0.63	− 1.07	− 0.70	0.69	−0.70
	g_1/SEg_1	2.25**	0.05	1.61	− 0.32	0.60	− 2.64**	−0.71
	g_2/SEg_2	1.03	0.81	− 1.17	− 1.98**	− 1.29	1.27	−0.37
40-20-5-6 x BI-1-4-11	g_1	−0.46	−0.51	0.48	0.48	1.42	− 0.27	0.23
	g_2	0.49	2.73	1.54	− 0.29	1.38	3.67	1.11
	g_1/SEg_1	−2.71**	−2.10**	2.00**	2.00**	5.92**	− 1.12	0.95
	g_2/SEg_2	1.24	5.58**	3.08**	0.59	2.76**	6.67**	2.22**
40-20-5-6 x BI-14-4-2-6	g_1	0.86	0.14	0.51	0.45	0.19	0.30	− 0.97
	g_2	22.28	8.86	0.18	− 0.66	− 0.78	13.33	0.28
	g_1/SEg_1	3.91**	0.63	2.32**	2.05**	0.86	1.36	4.41**
	g_2/SEg_2	50.64**	20.14**	0.40	1.50	− 1.77	30.30**	0.63

二、株高之變異

株高爲品種特性之一。據 Tsai (1971) 之報告謂：早熟基因團 (E-gene block) 對植物之高度發生多效作用而減小其大小。本試驗中由圖2諸親本株高平均估值之觀察知，晚熟品系較早熟品系平均高約5—10公分左右。且F_2集團個體之株高也多集中分布於早熟親本之株高平均估值附近，似表示植株之高度與抽穗期之早晚可能確有某種關係存在，而其確切之相關關係則待進一步估計後再專文報告。

Mohamed and Hanna (1964)、Aquino and Jennings (1966)、Wu (1968a)、Heu et al. (1968) Yen (1968) 及 Li (1970) 等由 F_2 頻分布之分割或藉全互交法遺傳成分之估計中，知控制株高之有效因子對數有1—4對；高者對矮者爲顯性；株高除受主效因子之控制，尚受具修飾作用之微效因子 (polygene) 所支配。而本研究中 F_2 集團個體之株高亦概集中分布於低親本附近，而與上述前人之觀察不一致。同時，各 F_2 集團之頻度分布呈常態或近似常態之連續分布圖形，援前人之報告證之於本研究中，似可建議，株高係受對數較多，效應相仿但易受環境影響其表現之微效因子所控制。



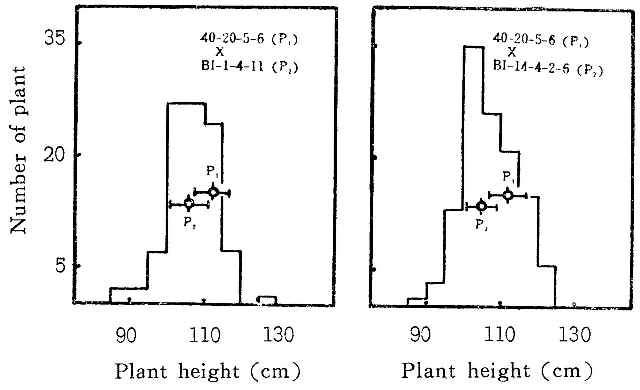


Fig. 2. Frequency distribution of plant height in the F_2 of early x late crosses. (cross figures indicate the parental mean with óe)

三、穗數之變異

茲將早晚熟性稻之雜交 F_2 集團及諸親本之變異示於圖3。由圖知諸早熟品系之平均穗數約較晚熟品系多1—2穗，惟經平均值之差異顯著性測驗結果知兩者之差異並不顯著，同時，諸集團本性狀之平均估值亦與早熟親本者相近，總上似提示抽穗期之提早並不影響到稻穗之數目，此結果恰與前人研究之早熟莖因團並不改變原遺傳因子型之分蘗能力的報告相類似 (蔡，1968，1974)。

諸F_2集團個體穗數之變異頗大，且各F_2集團中均有多數個體概以早熟親本爲中心而向正負兩方向超越其兩親本。即在此類雜種集團中，穗數之超越分離現象普遍存在諸F_2組合中而爲可資選拔利用之特徵之一。

再由圖 3 之觀察知諸F_2集團本性狀之頻度分布雖尚稱連續，惟圖形之常態與否則視組合之不同而異（表 2），提示分蘖能力雖爲品種特性之一，但該性狀之表現暨分蘖之是否有效則易受環境因子所左右， 而與鄔（1968b）謂穗數之遺傳現象較株高複雜且對生長環境之反應亦較不穩定之報告大致相符。

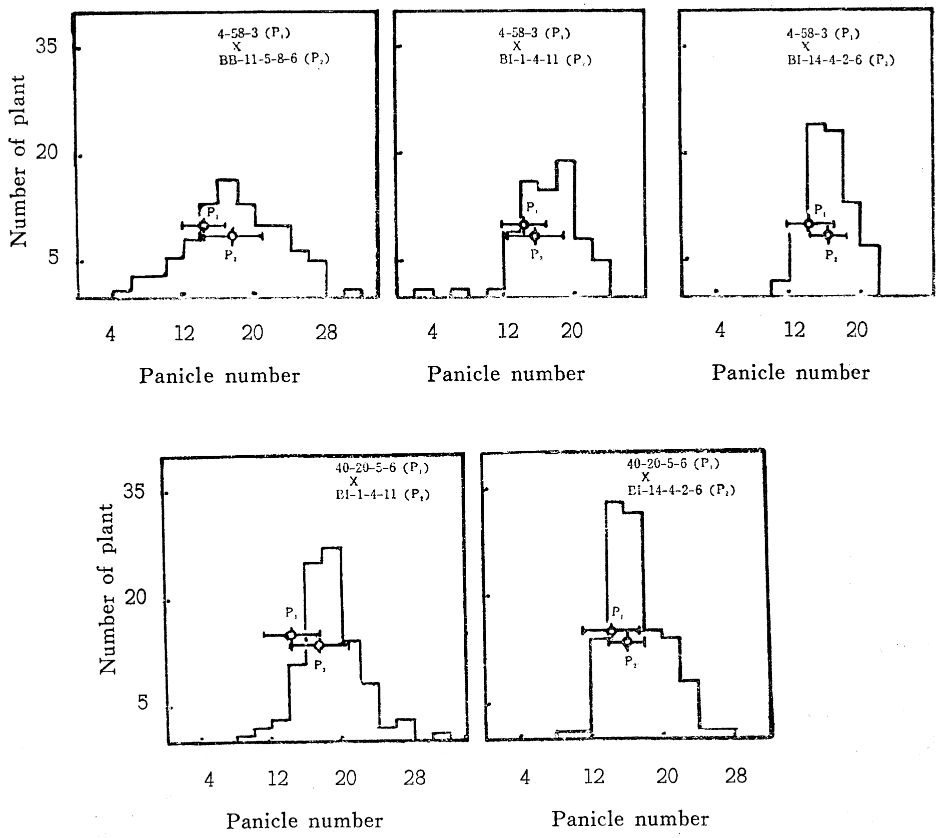


Fig. 3. Frequency districution of panicle number in the $F_2$of early X late crosses. (Cross figures indicate the parental mean with óe)

四、穗長之變異

由圖 4 知，諸早熟品系之稻穗的長度均較晚熟品系爲短。其經平均值之差異顯著性測驗知，兩者穗長之差異達極顯著之水準。可知抽穗期愈早者其穗愈短，此表示營養生長期間之長短對幼穗長度之分化具相當之影響力。而此抽穗期早者其穗減短之結果則與 Tsai（1971）之早熟基因團對穗長發生多效作用而減少其大小之觀察相符。

諸 F_2 集團穗數之頻度分布均稱連續，而圖形通呈高峰在左，偏斜在右之右偏態（skew to the right）或正偏態（positive skewness）。

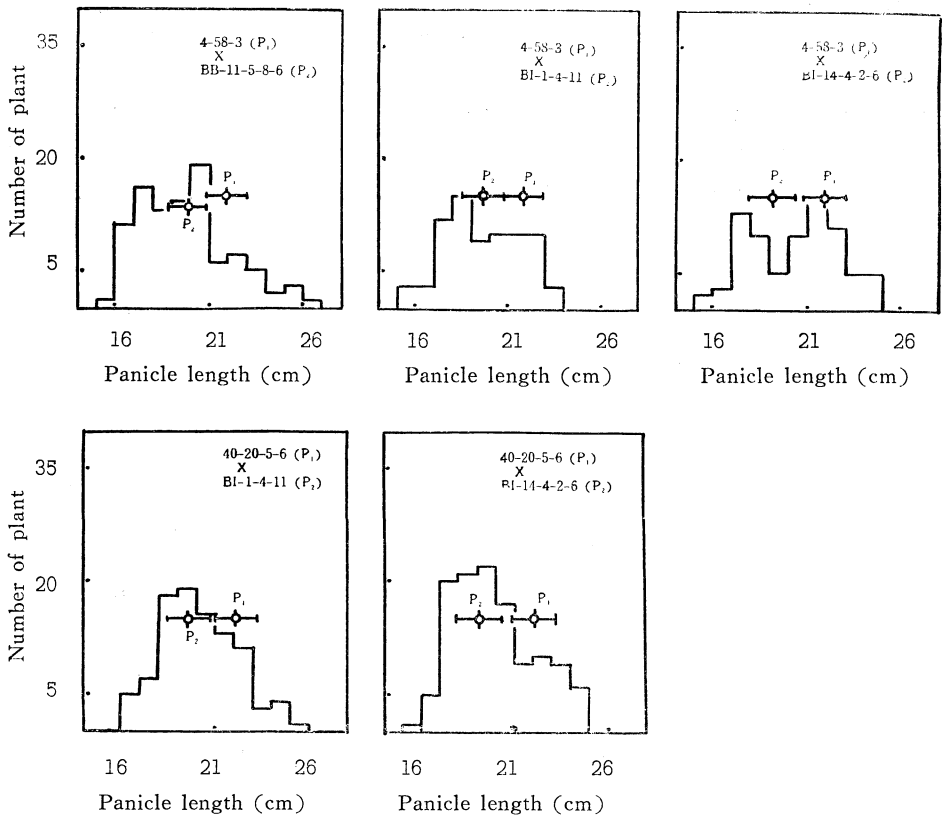
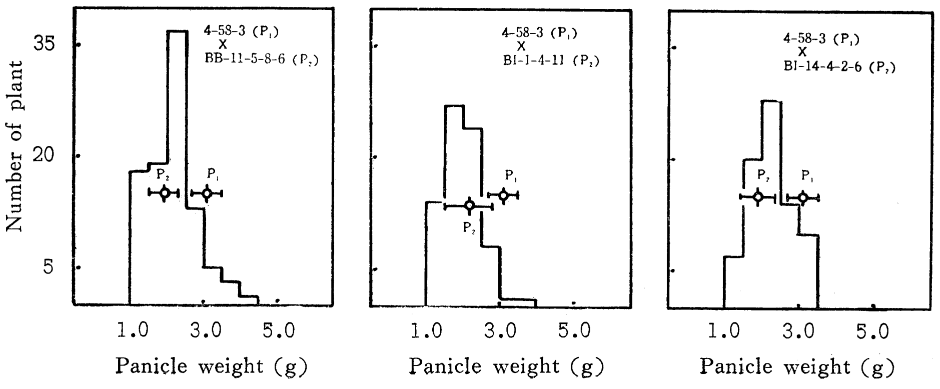


Fig. 4. Frequency distribution of panicle lenght in the F_2 of early X late crosses. (Cross figues indicate the parental mean with 6e)

五、穗重之變異

早晚熟品系之穗重經平均值之差異顯著性測驗知，兩者差異極顯著，即早熟品系爲穗輕之品系（圖5）。諸 F_2 集團個體本性狀之變異一如米粒蛋白質含量及株高兩性狀，通呈，F_2 集團之個體概集中低親本之平均估值附近；圖形則或爲常態或爲具峰度之近似常態的連續分布。總此，似表示抽穗期之早晚與米粒蛋白質含量，株高及穗重等三性狀間具有某種特殊關係，並暗示米粒蛋白質含量，株高及穗重等三性狀之遺傳模式似較相似。



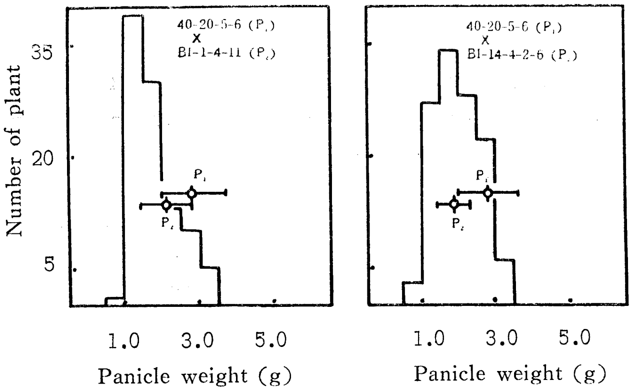
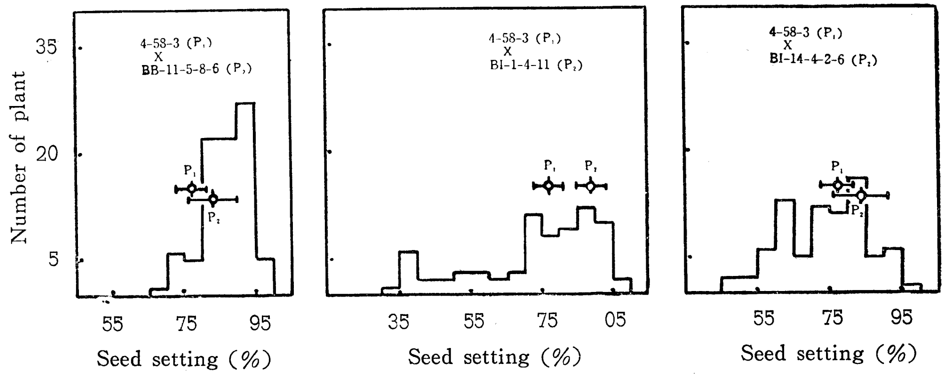


Fig. 5. Frequency distribution of panicle weight in the F_2 of early X late crosses (Cross figures indicate- the parental mean with ó e)

六、結實率之變異

個體結實率之變異各集團皆有多數個體向負方向的超越其雙親，而諸集團本性狀之頻度分布並呈特異之變異，其圖形或為具峰度，或為具歪度之連續或不連續分布則視組合別而異，此結果恰與前人之觀察結果完全相同 (Kawano and Takahashi, 1969) 。據 Kawano and Takahashi (1969) 由 F_2 結實率特異之變異模式而推論謂：此現象極可能為導致雜種部份 稔性之遺傳體系與其他諸農藝性狀之遺體系有基本上差異存在之故。然因 Kawano and Takahashi (1969) 所使用之水稻材料係彼此間之營養生長勢暨生育期的差異極顯著之稻品種，故此結實率特異之解釋尚稱合理。而本研究所使用之水稻材料則僅早熟基因團有差異外，其遺傳背景 (genetic background) 均屬相同之早熟 iso-genic 系統。故筆者認為本研究中諸集團結實率之特異表現應屬，諸F_2集團抽穗期之變異過大，復因本研究水稻材料生殖生長期間天候陰晴不定，淫雨緜緜致影響穀粒充實之故。



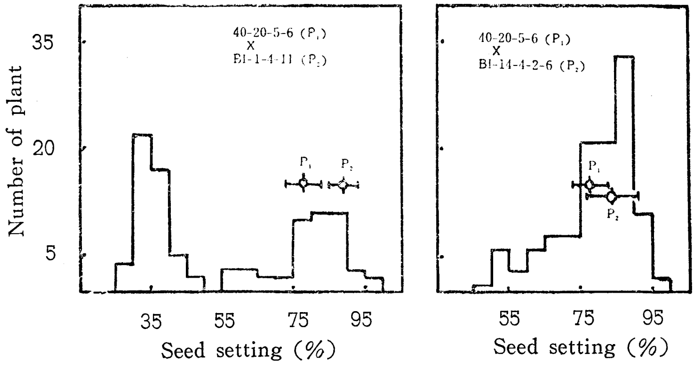


Fig. 6. Frequency distribution of percent seed setting in the F_2 of early X late crosses. (Cross figure indicatethe parental mean with ó e)

七、千粒重之變異

由圖 7 知，用爲各雜交組合之親本其千粒重彼此間雖十分近似，但各組合之 F_2 集團則均有正負兩方向超越親本之個體存在，啓示由早晚熟性稻間之雜交，此千粒重性狀有超越分離現象出象。而諸 F_2集團之頻度分布圖形似呈高峰在左，偏斜在右之左偏態或正偏態。

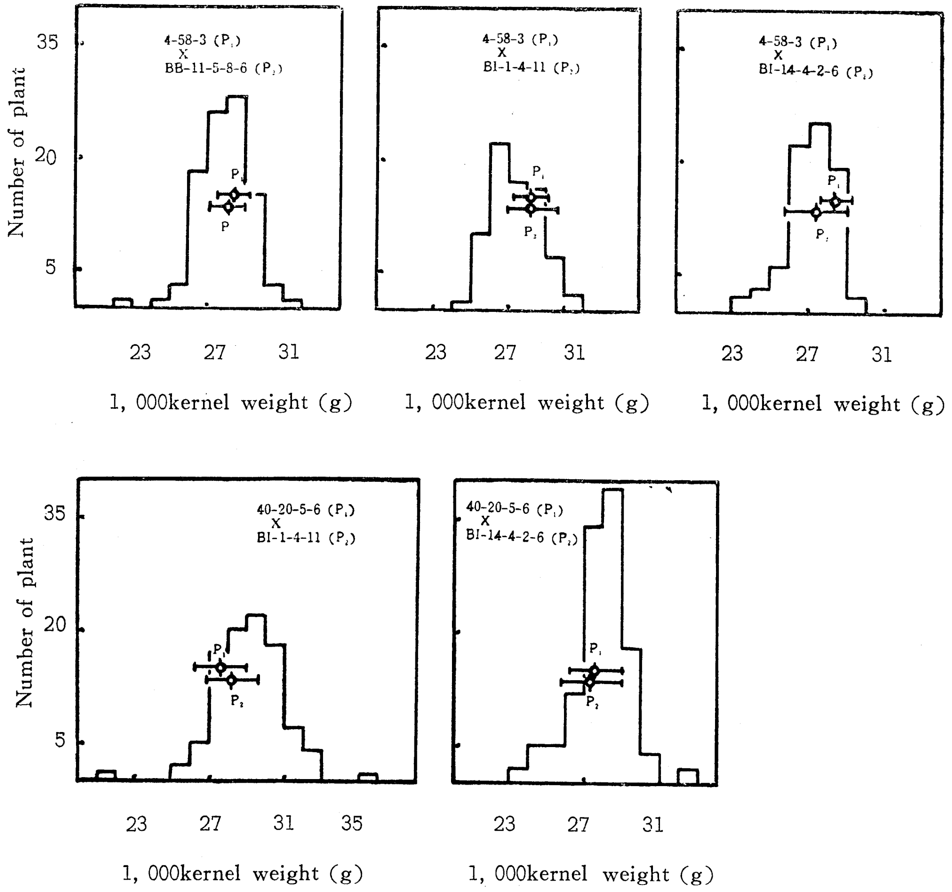


Fig. 7. Frequency distribution of 1, 000 kernel weight in the F_2 of early X late crosses. (Cross figures indicate the parental mean with óe)

總上而知，早熟品系爲短稈穗短而輕之高蛋白質含量品系。其產量或雖稍差，但其雜交後代集團之有關產量性狀則皆有或多或少之超離分離現象，且各性狀之分離與抽穗期之關係並不十分絕對影響，提示出吾人可由早晚熟性稻間之雜交集團中可選獲早熟豐產之高蛋白品種。

引 用 文 獻

Aquino, R. C. and P. R. Jenning. 1966. Inheritance dwarfism in an Indica rice variety. Crop Sci. 6 : 551-554.

Harn, C., J. L. Won, C. K. Park and J. Y. Yoo. 1973. Mutation breeding for improvement of rice protein. Nuclear Techniques for Seed Protein Improvement Proceedings of a Research Co-ord ination Meeting. : 115-137. Neuherberg, IAEA, Vienna.

Heu, M. H., T. T. Chang and H. M. Beachell. 1968. The inheritance of clum length, panicle length, duration to heading and bacterial leaf blight reaction in rice cross. Japan J. Breeding 18 : 7-11.

Hillerislambers, D., J. N. Rutger, C. O. Qualset and W. J. Wiser. 1973. Genetic and environmental variation in protein content of rice. Euphytica 22 : 264-273.

Kawano, K. and M. Takahashi. 1969. Inheritance mode of quantitative trait in two rice crosses. J. Faculty Agri. Hokkaido Univ. 56 : 225-240.

Kido, M. and S. Yanatori. 1965. Histochemical studies of protein accumulating process in rice grain. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 34 : 204-290.

Li, C. C. 1970. Genetic analysis of the linkage intensities, heritability and genetic correlation between dwarf mutant and cultivated rice. Proceedings. National Sci. Council No. 4, part II, : 141-150.

Mohamed, A. H. and A. S. Hanna. 1964. Inheritance of quantitative characters in rice. I. Estimation of the number of effective factor pairs controlling plant height. Genetics 49 : 81-93.

Tanaka, S. and Y. Takagi. 1970. Protein content of rice mutants. Improving plant protein by nuclear techniques. Proceedings of a Symposium : 55-62, IAEA, Vienna.

Tanaka, S. 1971. Radiation-induced rice mutants with high protein content. Rice breeding with induced mutation III. : 183-187. IAEA.

Tanaka, S. 1973. Varietal difference in protein content of rice. Nuclear Techniques for Seed Protein Improvement Proceedings of Research Co-ordination Meeting. : 107-113 Neuherberg, IAEA, Vienna.

Tsai, K. H. and H. I. Oka. 1968. Genetic studies of yielding capacity and adaptability in crop plant. III Further observation on the effect of an earliness gene, E, in the genetic background of a rice variety, of an earliness gene, E, in the genetic background of a rice variety, of an ear-liness gene, E, in the genetic background of a rice variety, Taichung 65. Bot. Bull. Academia Sinica 9 : 75-88.

Tsai, K. H. 1971. Genetic studies on heading date and other character of two cross between Taichung 65 and two early strains in rice. J. Agri. Assoc. China, New Series 74 : 7-18

Tsai, K. H. 1974. Effect of an earliness gene, E, on organ development and adaptability in the genetic backgro''nd of a rice rariety, Taichung 65. J. Agri Assoc. China, New Series 87 : 1-20

Webb. B.' D., C. M. Bollich, C. R. Adair and T. H. Johnston. 1968. Characteristic of rice varieties in the USDA Collection. Crop Sci. 8 : 361-365.

Wu, H. P. 1968a. Studies on the quantitative inheritance of *Oryza sativa* L. I. A diallel analysis of Bull. Academia Sinica 9 : 1-9.

Wu, H. P. 1968b. Studies on the quantitative inheritance of *Oryza sativa* L. II. A diallel analysis for panicle number, tiller number, panicle length, spikelet number of primary branch in F_1 progeny. Bot. Bull. Academia Sinica 9 : 124-137.

Yen, S. T. 1968. Studies of plant height inheritance of rice by partitioning method of genetic analysis. J. Taiwan Agri. Res. 17(2) : 1-6.

蔡國海、1961•水稻臺中65號之糯米早熟系統之育成•中華農學會報 新 33：18—23。
蔡國海、1965•作物生產能力及適應性遺傳學的研究。1. 水稻 isogenic 系統之特性。中研究植物彙報6：19—31。
葉樹藩、1974•設驗設計學•第一部 份生物統計學•：77—82。

BREEDING FOR HIGN PROTEIN CONTENT IN RICE

1. Variation of protein content and other agronomic characters[1] in the cross between early and late maturing japonica rices

by

I. C. Kuo, S. C. Hsieh and S. Y. Song

Summary

Genetic variation of protein content and various agronomic traits in the hybrid population of early x late isogenic lines was studied. Variation in protein content and other traits in F_2 varied greatly from different cross combinations. From the F_2 distribution curve in comparison with that of parental lines, it is assumed that the low protein content is dominant over high protein content. Early maturing is found to be related with high protein content. Further, genetic variations of plant height, panicle number, panicle length, panicle weight, percent seed setting and 1,000 kernel weight were studied with regard to skewness and kurtosis of respective populations.

1.Contributian No. 835 from the Taiwan Aglicultwal Research Instilirte.